



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 058 299 A1** 2005.07.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 058 299.8**

(22) Anmeldetag: **02.12.2004**

(43) Offenlegungstag: **07.07.2005**

(51) Int Cl.7: **G01T 7/00**

(30) Unionspriorität:  
**10/725,756      02.12.2003      US**

(71) Anmelder:  
**GE Medical Systems Global Technology  
Company, LLC, Waukesha, Wis., US**

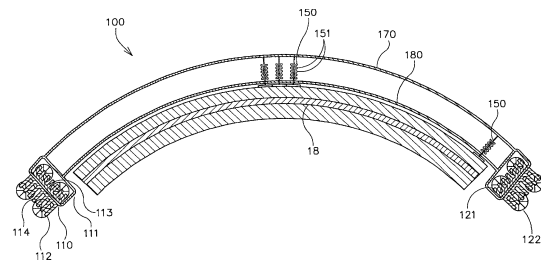
(74) Vertreter:  
**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(72) Erfinder:  
**Lacey, Joseph J., Cambridge, Wis., US; Joshi,  
Ashutosh, Waukesha, Wis., US**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Wärmemanagement von CT-Elektronik**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen der mit einem Computertomographie(CT)-Detektorfeld (18) verbundenen Elektronik. Spezieller offenbart die vorliegende Erfindung die Verwendung von thermoelektrischen Kühlern (111) beim Kühlen der CT-Detektorelektronik (150). Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch die Verwendung von Gebläsen oder Ventilatoren, um Luft innerhalb einer Sammelkammer (140) zur Kühlung der CT-Detektorelektronik (150) in Umlauf zu versetzen. Die vorliegende Erfindung offenbart auch die Verwendung von Wärmerohren vom Dochttyp (220), die entweder horizontal angeordnet sind oder deren Verdampferende (281) radial weiter außen als das Kondensatorende (282) angeordnet ist, so dass die Rotationskräfte den Wärmefluss durch das Wärmerohr (220) zum Kühlen der CT-Detektorelektronik (150) unterstützen. Die vorliegende Erfindung offenbart auch die Verwendung von axialen Rillenwärmerohren (280) zum Kühlen der CT-Detektorelektronik (250), weil sie unter Drehbedingungen eine erhöhte Leistung erbringen. Als Letztes offenbart die vorliegende Erfindung die Verwendung von Wärmesenken (240) und Umwälzventilatoren (230) in Verbindung mit irgendeinem Typ von Wärmerohren (220).



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Computertomographie(CT)-Bildgebungssysteme. Speziell bezieht sie sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen der mit CT-Scannern verbundenen Elektronik.

**[0002]** In zumindest einigen CT-Bildgebungssystemanordnungen enthält ein stationärer, auf dem Boden montierter Rahmen eine Röntgenstrahlenquelle und ein Strahlungsdetektorfeld. Die Röntgenstrahlenquelle sendet ein fächerförmiges Strahlenbündel aus, das zum Liegen innerhalb einer X-Y-Ebene eines kartesischen Koordinatensystems eingeblendet ist und allgemein als „Abbildungsebene“ bezeichnet wird. Das Röntgenstrahlenbündel tritt durch das abzubildende Objekt, wie z.B. einen Patienten, hindurch. Nachdem das Strahlenbündel durch das Objekt abgeschwächt worden ist, trifft es auf das Feld von Strahlungsdetektoren auf. Die Intensität der auf dem Detektorfeld empfangenen Strahlung des abgeschwächten Bündels ist von der Abschwächung des Röntgenstrahlenbündels durch das Objekt abhängig. Jedes Detektorelement des Felds erzeugt ein separates elektrisches Signal, das eine Messung der Bündelabschwächung am Ort des Detektors darstellt. Die Abschwächungsmessungen von allen Detektoren werden separat akquiriert, um ein Durchgangsprofil zu erzeugen. Die Röntgenstrahlenquelle und das Detektorfeld werden innerhalb der Abbildungsebene und um das abzubildende Objekt herum mit einem Gantryrahmen gedreht. Die Röntgenstrahlenquelle enthält typischerweise eine Röntgenröhre, die ein Röntgenstrahlenbündel aussendet. Die Röntgenstrahlendetektoren enthalten typischerweise einen Kollimator zum Einblenden der an dem Detektor empfangenen Röntgenstrahlenbündel. Ein Szintillator ist neben dem Kollimator angeordnet, und Fotodioden sind neben dem Szintillator angeordnet.

## Stand der Technik

**[0003]** Die Energieabgabe sowohl durch die mit empfindlichen Röntgenstrahlendetektoren verbundene Elektronik als auch durch andere mit dem CT-Bildgebungssystem verbundene Komponenten einschließlich der Röntgenröhre selbst, steigt mit jeder neuen Generation von CT-Systemen an. Dieser Anstieg der Energieabgabe findet statt, während der Packungsraum konstant bleibt oder sich verkleinert. Speziell wird die beim Umwandeln der Röntgenstrahleneingangsgrößen in ein nutzbares elektronisches Signal verwendete Elektronik schnell zur vorherrschenden Wärmequelle innerhalb eines CT-Systems, die der Röntgenröhre im stationären Betriebszustand gleichkommt. Das Kühlen dieser Elektronik wird aus einer Anzahl von Gründen erschwert.

**[0004]** Um höhere Signaldichten zu beherrschen und das elektronische Rauschen zu verringern, ist die Elektronik näher zu dem Röntgenstrahlendetektor hin verschoben worden. Daher ist die Hochleistungselektronik leitfähig mit der hochgradig temperaturempfindlichen Fotodiode in dem Röntgenstrahlendetektor verbunden. Außerdem ist zwischen den Analog-Digital-Wandlern sehr wenig Platz verfügbar, was eine direkte Konvektionskühlung schwierig, wenn nicht undurchführbar macht.

**[0005]** Die in bestehenden CT-Detektoren gewöhnlich verwendeten Fotodioden arbeiten nur in einem engen Temperaturbereich. Daher muss jede Lösung für die thermische Steuerung nicht nur die Wärme von der Elektronik daran hindern, die Fotodiode zu erreichen, sondern auch die Gefahr einer Überkühlung der Fotodioden abwenden.

**[0006]** Es gibt zwei Faktoren, die eine direkte Konvektionskühlung in einem CT-Detektor-Gantryrahmen erschweren. Der erste ist die Tatsache, dass sich die Lufttemperatur innerhalb des Gantryrahmens typischerweise proportional zu der Umgebungstemperatur des Raumes ändert. Allgemein ist die Temperatur eines Raumes, in dem eine CT-Bildgebungsmaschine verwendet wird, angegeben und weist einen Schwankungsbereich von 11°C auf. Eine Schwankung der Temperatur der Kühlungsluft kann zu Situationen führen, in denen die Hitze von der heißen Seite zu den Fotodioden fließt und die Temperatur der Fotodioden über deren Nennpunkttemperatur erhöhen kann, die allgemein bei 36°C ± 1°C liegt. In dem anderen Extremfall kann die niedrigste Temperatur der Kühlungsluft die Fotodiode unter ihre gewünschte oder optimale Betriebstemperatur abkühlen. Der zweite Faktor, der eine direkte Konvektionskühlung verhindert, ist die Tatsache, dass die Elektronik in einem CT-System rotiert. Diese Rotation führt zum Hervorrufen eines Rückgangs des Maßes des Luftstroms durch jegliche Kühlungsventilatoren, die an dem rotierenden Teil befestigt sein können, gemäß den Änderungen der Grenzbedingungen des Ventilatoreinlassstroms. Das heißt, weil der Geschwindigkeitsvektor am Einlass dazu tendiert, senkrecht zur Flussrichtung ausgerichtet zu sein, erzeugt der Fluss nahe der Gantryrahmenabdeckungen einen geringeren Druck an dem Ventilatoreinlass. Die Drehung des Gantryrahmens neigt außerdem zum Verursachen einer Durchmischung der Luft innerhalb des Gantryrahmens, wodurch sie zu einem nahezu augenblicklichen Schritt bei der Änderung der Kühlungslufttemperatur führt. Ein anderer Faktor, der in einem direkten Konvektionskühlungssystem berücksichtigt werden muss, besteht darin, dass durch das Ermöglichen, dass Luft über die Elektronik strömt, eine Öffnung für den Eintritt elektromagnetischer Felder geschaffen worden ist. Daher hat die direkte Konvektionskühlung einen negativen Einfluss auf die Abschirmung gegen elektromagnetische Wechselwir-

kung (EMI).

### Aufgabenstellung

#### KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Die vorliegende Erfindung schafft ein örtlich beschränktes, rotierendes Kühlungssystem zum aktiven Steuern der Lufttemperatur des Kühlungssystems. Die Erfindung schafft weiterhin ein System, das komplett geschlossen ist, wodurch das Ausgesetztsein gegenüber Licht und die Verunreinigung durch Teilchen in der Elektronik verringert werden. Innerhalb dieses Gehäuses wird die Luft durch Verwendung von Ventilatoren oder Gebläsen in Umlauf gebracht. Die vorliegende Erfindung schafft außerdem eine Leitung, um die Kühlungsluft zwischen die Analog-Digital-Wandler und andere Wärme erzeugende Komponenten in dem Detektorfeld zu führen. Die vorliegende Erfindung sorgt auch für die Verwendung von Wärmesenken auf den Analog-Digital-Wandlern, um die Größe der Oberfläche für einen effizienten konvektiven Wärmeaustausch zu maximieren.

**[0008]** Das Einschließen der CT-Detektorelektronik in dem Kühlungssystem sorgt für eine Präzisionssteuerung der Temperatur, die von der Rotation des Gantryrahmens im Wesentlichen unbeeinträchtigt ist. Ein vollständiger Einschluss des Systems bedeutet auch, dass die EMI-Abschirmung optimiert wird und dadurch die lokale Abschirmung der Elektronik verringert werden kann. Die Verringerung der lokalen Abschirmung der Elektronik verringert die ihr eigene leitfähige Kopplung zwischen der Elektronik und der Fotodiode des Röntgenstrahlendetektors.

**[0009]** Der Vorteil der vorgeschlagenen Erfindung besteht darin, dass sie das Problem der Temperaturschwankungen der Kühlungsluft beseitigt. Ferner kann eine niedrigere Kühlungslufttemperatur als bei einfacher Verwendung von Raumluft erreicht werden, wodurch die Fähigkeit, Energie von der Elektronik abzuführen, erhöht wird. Ein weiterer Vorteil eines solchen Systems besteht darin, dass der vollständige Einschluss der Elektronik eine Isolation gegen elektromagnetische Wechselwirkungen (EMI) schafft. Das heißt, dass das System gegen Veränderungen des internen Luftstroms in Folge der Rotation nahezu unempfindlich wäre und die bestmögliche EMI-Abschirmung schaffen würde.

**[0010]** Noch ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Verwendung thermoelektrischer Kühler (TECs) die Standortprobleme beseitigt, die mit der Platzierung eines Kühlsystems vom Luft-Flüssigkeits-Typ im stationären Teil verbunden sind. Der vollständige Einschluss des Systems bedeutet, dass die EMI-Abschirmung optimiert wird und dadurch die lokale Abschirmung der Elektronik verringert werden kann. Die Verringerung der Ab-

schirmung bei der lokalen Elektronik verringert die ihr anhaftende leitfähige Kopplung zwischen der Elektronik und der Fotodiode des Röntgenstrahlendetektors.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Verwendung eines Wärmetauschers zum Entziehen der Wärme aus der im Kreislauf zurückgepumpten Luft. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Verwendung einer Kombination aus einer Wärmesenke und einem thermoelektrischen Kühler zum Entziehen der Wärme aus der zurückgepumpten Luft. Diese Ausführungsform schafft auch eine Steuerung und eine Rückwirkungssteuerungsvorrichtung, die in erster Linie zum Bestimmen der Temperatur der zurückströmenden Luft und zum Regeln des thermoelektrischen Kühlers zum Halten der Kühlungsluft innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches verantwortlich ist.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht ferner eine effiziente Kühlung der Elektronik, indem sie die wärmeleitende Kopplung zwischen dem Röntgenstrahlendetektor und der Elektronik minimiert. In einer Ausführungsform schafft die vorliegende Erfindung ein Feld von Wärmerohren (Heat Pipes), die mit einer thermisch mit den Wärme erzeugenden Chips verbundenen Abstandhalterplatte (Spread plate) gekoppelt sind. Die Wärme wird anschließend von der Elektronik weg geleitet und unter Verwendung erzwungener Konvektion abgeführt. In noch einer anderen Ausführungsform schafft die vorliegende Erfindung eine Anordnung von Wärmerohren innerhalb der Leiterplatten. Noch eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht die Benutzung von Wärmerohren zwischen den Elektronikpaketen.

**[0013]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht außerdem die Verwendung von Wärmerohren vom Dochttyp, die entweder horizontal oder mit dem Verdampfende radial weiter außen als mit dem Kondensierende angeordnet sind, so dass die Rotationskräfte den Wärmefluss durch das Wärmerohr unterstützen.

**[0014]** Allgemein wird ein Wärmerohr vom Dochttyp unter Rotationsbelastung so lange richtig funktionieren, wie die radialen kapillaren Pumpkräfte innerhalb des Wärmerohres von den Rotationskräften nicht übertroffen werden.

**[0015]** In Situationen, in denen die Rotationskräfte die kapillaren Pumpkräfte übertreffen, können andere Wärmeleitungsverfahren benutzt werden. Z.B. ermöglicht die vorliegende Erfindung die Benutzung einer Kombination aus einem Wärmerohr vom Dochttyp und einem axialen Rillentermosiphon oder einem dochtlosen Wärmerohr. Axiale Rillenwärmerohre weisen unter rotierenden Bedingungen eine verbesserte Leistung auf. Dies liegt hauptsächlich an der axialen Rille, die unter rotierenden Bedingungen wie

eine Archimedische Schraube funktioniert.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung schafft außerdem ein axiales Rillenwärmerohr, bei dem das Wärmerohr so ausgerichtet ist, dass das Verdampfende entweder parallel zu dem Kondensatorende oder tiefer als dieses angeordnet ist. Daher ist die Flüssigkeit in dem Kondensatorende nicht gezwungen, zum Kühlen der Elektronik gegen die Schwerkraft zu fließen, wenn der Gantryrahmen schräg gestellt wird.

**[0017]** Das Vorhergehende und andere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung sichtbar.

#### Ausführungsbeispiel

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0018]** [Fig. 1](#) zeigt eine bildliche Ansicht eines CT-Bildgebungssystems.

**[0019]** [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschema des in [Fig. 1](#) dargestellten Systems.

**[0020]** [Fig. 3](#) zeigt von vorne betrachtet eine schematische Schnittansicht des Detektorfelds der vorliegenden Erfindung, das ein Elektronikkühlsystem aufweist.

**[0021]** [Fig. 4](#) zeigt von oben betrachtet eine Schnittansicht des Elektronikkühlsystems aus [Fig. 3](#), das den Aufbau des Kühlsystems genauer zeigt.

**[0022]** [Fig. 5A](#) zeigt ein Schema eines CT-Bildgebungssystems, das das Detektorfeld und die Analog-Digital-Elektronik zeigt.

**[0023]** [Fig. 5B](#) zeigt ein Schema eines CT-Bildgebungssystems im Profil, das den maximalen Grad an Neigung des Gantryrahmens zeigt.

**[0024]** [Fig. 6A](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Detektorfelds und der zugehörigen Elektronik, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0025]** [Fig. 6B](#) zeigt einen schematischen Aufriss des Endes des Gantryrahmens einer CT-Bildgebungsmaschine.

**[0026]** [Fig. 6C](#) zeigt einen schematischen Aufriss von Analog-Digital(A/D)-Wandlern, einer Abstandhalterplatte und Wärmerohren.

**[0027]** [Fig. 6D](#) zeigt einen schematischen Aufriss von noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0028]** [Fig. 6E](#) zeigt einen schematischen Aufriss

von noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0029]** [Fig. 7A](#) zeigt eine schematische Ansicht von noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0030]** [Fig. 7B](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Wärmerohres vom Dochttyp.

**[0031]** [Fig. 8A](#) zeigt eine schematische Ansicht eines mit einem Wärmerohr vom Dochttyp verwendeten axialen Rillenthalers.

**[0032]** [Fig. 8B](#) zeigt eine schematische Ansicht eines axialen Rillenthalers.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0033]** Indem nun im Detail auf die Zeichnungen Bezug genommen wird, in denen gleich nummerierte Elemente überall den gleichen Elementen entsprechen, zeigen die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ein Vielschichtaufnahmen-Computertomographie(CT)-Bildgebungssystem **10**. Das CT-Bildgebungssystem **10** ist mit einem Gantryrahmen **12** gezeigt und für ein CT-Bildgebungssystem der „dritten Generation“ typisch. Der Gantryrahmen **12** weist eine Röntgenstrahlenquelle **14** auf, die ein Röntgenstrahlenbündel **16** auf ein Detektorfeld **18** auf der gegenüber liegenden Seite des Gantryrahmens **12** projiziert. Das Detektorfeld **18** wird aus einer Vielzahl von Detektorzeilen (nicht dargestellt) gebildet, die eine Vielzahl von Detektorelementen **20** enthalten, die gemeinsam die durch ein Objekt, wie z.B. einen Patienten **22**, durchdringenden projizierten Röntgenstrahlen wahrnehmen. Jedes Detektorelement **20** erzeugt ein elektrisches Signal, das die Intensität des auftreffenden Röntgenstrahlenbündels und damit die Abschwächung des Bündels darstellt, wenn dieses durch das Objekt oder den Patienten **22** durchdringt. Während einer Aufnahme zum Akquirieren der Röntgenstrahlenprojektionsdaten rotieren der Gantryrahmen **12** und die an diesem angebrachten Komponenten um eine Zentralachse **24** der Rotation. [Fig. 2](#) zeigt nur eine einzelne Zeile von Detektorelementen **20** (z.B. eine Detektorzeile). Jedoch enthält ein Vielschichtdetektorfeld **18** eine Vielzahl von parallelen Detektorzeilen von Detektorelementen **20**, so dass die zu einer Vielzahl von quasi-parallelen oder parallelen Schichten gehörenden Projektionsdaten während einer Aufnahme gleichzeitig akquiriert werden können.

**[0034]** Die Rotation des Gantryrahmens **12** und der Betrieb der Röntgenstrahlenquelle **14** werden von einer Steuerungsvorrichtung **26** des CT-Systems **10** kontrolliert. Die Steuerungsvorrichtung **26** enthält eine Röntgensteuerung **28**, die Energie und Taktsignale an die Röntgenstrahlenquelle **14** und eine Gan-

try-Motorsteuerung **30** liefert, die die Rotationsgeschwindigkeit und die Position des Gantryrahmens steuert. Ein Datenakquisitionssystem (DAS) **32** in der Steuerungsvorrichtung **26** tastet die empfangenen analogen Daten von den Detektorelementen **20** über ein flexibles Kabel (nicht gezeigt in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) ab und wandelt die Daten in digitale Signale zur folgenden Verarbeitung um. Eine Bildwiederherstellungseinrichtung **34** empfängt die abgetasteten und digitalisierten Röntgendaten von dem DAS **32** und führt eine Hochgeschwindigkeits-Bildwiederherstellung aus. Das wiederhergestellte Bild wird auf den Eingang eines Rechners **36** gegeben, der das Bild in einer Massenspeichereinrichtung **38** speichert.

**[0035]** Der Rechner **36** empfängt auch Befehle und Aufnahmeparameter von einem Bediener über eine Konsole **40**, die wenigstens eine Eingabeeinrichtung, wie z.B. eine Tastatur oder eine Maus, enthält. Eine zugehörige Kathodenstrahlröhrenanzeige **42** erlaubt dem Bediener, das wiederhergestellte Bild und andere Daten aus dem Rechner **36** zu betrachten. Die vom Bediener gelieferten Befehle und Parameter werden von dem Rechner **36** verwendet, um Steuerungssignale und Informationen an das DAS **32**, die Röntgensteuerung **28** und die Gantry-Motorsteuerung **30** zu liefern. Zusätzlich bedient der Rechner die Tischmotorsteuerung **44**, die zum Positionieren des Patienten **22** in dem Gantryrahmen **12** einen motorisierten Tisch **46** steuert. Speziell bewegt der Tisch **46** Teilbereiche des Patienten **22** durch die Gantryöffnung **48**.

**[0036]** In einer Ausführungsform enthält der Rechner **36** eine Einrichtung, z.B. ein Diskettenlaufwerk oder ein CD-ROM-Laufwerk zum Lesen von Anweisungen und/oder Daten von einem rechnerlesbaren Medium, wie z.B. einer Diskette oder einer CD-ROM. In einer anderen Ausführungsform führt der Rechner **36** in Firmware (nicht dargestellt) gespeicherte Anweisungen aus. Der Rechner **36** ist zum Ausführen der hierin beschriebenen Funktionen programmiert, folglich ist der Ausdruck „Rechner“, wenn er hierin verwendet wird, nicht auf solche integrierten Schaltungen beschränkt, die in der Fachwelt typischerweise als Rechner bezeichnet werden, sondern bezieht sich in einem weiteren Sinne auf Computer, Prozessoren, Mikrocontroller, Mikrocomputer, programmierbare logische Steuerungen, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen und andere programmierbare Schaltungen.

**[0037]** Wie im vorangegangenen erörtert und in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, schafft die vorliegende Erfindung eine Temperaturregelungsvorrichtung für das in einem Bildwiederherstellungsprozess verwendete Elektronikpaket.

**[0038]** Wie in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) und in der Zusammenfassung gezeigt ist, verwendet die vorliegen-

de Erfindung ein örtlich beschränktes rotierendes Kühlsystem **100** zum aktiven Steuern der Lufttemperatur des Kühlsystems. Das System ist vollständig von einer Heißluftsammlkammer **130** und einer Kaltluftsammlkammer **140** umgeben und versetzt die Luft über einen oder mehrere Ventilatoren oder Gebläse **121** durch die Kaltluftsammlkammer in Umlauf, und die Luft passiert die heißen Analog-Digital-Wandler **150** und beliebige andere heiße Komponenten, um die Wärme von der Elektronik abzuführen. Die Luft wird anschließend an einem Wärmetauscherabschnitt vorbei geleitet, der aus der kalten Seite eines thermoelektrischen Kühlers (TEC) **111** besteht. Die heiße Seite des TEC **112** ist außerhalb des Gehäuses angeordnet, das aus der Sammlkammer der heißen Seite **130** und der Sammlkammer der kalten Seite **140** besteht, und pumpt die Wärme von der heißen Seite des TEC **112** in die Luft außerhalb des Detektorgehäuses **300**. Eine Ausführungsform kann auch für die Regelung der TEC **110** durch Verwendung einer Steuerung in Kommunikation mit einer Rückwirkungssteuerungsvorrichtung sorgen, so dass die Temperatur der Kühlungsluft entweder durch Erhöhen oder Verringern der Ventilatorgeschwindigkeit auf einen engen Temperaturbereich von wenigen Grad Celsius geregelt wird.

**[0039]** Speziell schafft die vorliegende Erfindung ein Detektorgehäuse **300**, das allgemein eine Kaltluftsammlkammer **140** und eine Heißluftsammlkammer **130** aufweist, um das Detektorfeld **18** und die damit verbundene Elektronik einzuschließen. Noch spezieller schafft die vorliegende Erfindung auf einer Seite des Detektorfelds **18** eine Kaltluftsammlkammer **140**. Die Kaltluftsammlkammer **140** kann in zwei Kammern unterteilt sein, so dass die Kaltluft von beiden Enden des Detektorfelds **18** nach innen geleitet werden kann. Auf diese Weise kann die kalte Luft für eine effizientere Kühlung gleichmäßiger zwischen der Elektronik **150** verteilt werden. Offensichtlich könnte die vorliegende Erfindung auch TECs **110** bereitstellen, die viele Kammern innerhalb des Detektorgehäuses **300** kühlen. Tatsächlich können wegen der von der vorhandenen Elektronik **150** erzeugten hohen Wärmelast mehrere TECs **110** zum Kühlen der Elektronik **150** des Detektorfelds erforderlich sein, die jeweils Ventilatoren **121** verwenden, die die gekühlte Luft durch eine Kaltluftsammlkammer **140**, danach durch ein Elektronikfeld **150** in eine Heißluftsammlkammer **130** und zurück zu der kalten Seite eines TEC **111** zur Kühlung in Umlauf versetzen.

**[0040]** Die Kaltluftsammlkammern werden verwendet, um die kalte Luft um die A/D-Wandler **151** und die andere in dem Detektorfeld Wärme erzeugende Elektronik **150** herum zu leiten. Die vorliegende Erfindung kann auch die Verwendung von Ablenkplatten oder Strömungslenkern **160** ermöglichen, um die Luft effizienter auf die Elektronik **150** zu leiten. Speziell die A/D-Wandler **151** erzeugen eine erhebli-

che Wärmemenge. Jedoch sind die A/D-Wandler **151** allgemein länglich und schmaler als die Fotodioden, zu denen sie gehören. Daher kann Luft für eine spezifischere Kühlung zwischen den A/D-Wandlern **151** in Umlauf gebracht werden. Die erwärmte Luft wird danach von der Heißluftsammlkammer **130** gesammelt. Die Heißluftsammlkammer **130** leitet die heiße Luft zu der kalten Seite des TEC **111**, die sich in der gezeigten Ausführungsform am Ende des Detektorfelds **18** befindet.

**[0041]** An dem Ende des Detektorfelds **18** befindet sich die kalte Seite des TEC **111**. Die kalte Seite des TEC wird auch als Wärmequelle **113** bezeichnet. Thermoelektrische Kühler **110**, wie sie nach dem Stand der Technik bekannt sind, sind Festkörperwärmepumpen. Thermoelektrische Kühler basieren auf dem Peltier-Effekt. Allgemein dienen TEC-Einheiten **111** zum Übertragen von Wärme von einer ebenen Einheit zu einer anderen in einer Art und einem Ausmaß, wie sie dem elektrischen Stromfluss durch sie entsprechen. Allgemein arbeiten TECs **110** nach dem umgekehrten Prinzip zu dem eines Thermoelements. Mit anderen Worten arbeiten TECs **110** nach dem Prinzip, dass ein zwischen zwei verschiedenen Materialien eingespeister Strom eine Temperaturdifferenz bewirkt, während ein Thermoelement nach dem Prinzip arbeitet, dass Wärme zwischen zwei verschiedenen Metallen einen Strom erzeugt.

**[0042]** Die heiße Seite des TEC **112** ist außerhalb sowohl der Heißluftsammlkammer **130** als auch der Kaltluftsammlkammer **140** und allgemein außerhalb des Detektorgehäuses **300** angeordnet. Allgemein pumpt der TEC **110** Wärme zu der heißen Seite des TEC **112**, was für eine Wärmesenke **114** kennzeichnend ist. Die Wärmesenke **114** ist dann von einer angemessenen Größe, um die Wärme in dem Raum **310** zu verteilen. Die Wärmesenke **114** könnte sich einfach auf die Oberfläche und natürliche Konvektion zum Verteilen der Wärme stützen oder, wie in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt, eine erzwungene Konvektion mit einem Ventilator **122** verwenden, um Umgebungsluft über die Fläche der Wärmesenke **114** zu blasen. Weiterhin braucht die Wärmesenke **114** nichts anderes als die Oberfläche der heißen Seite des TEC **112** zu sein. In einer Ausführungsform kann die heiße Seite des TEC **112** Kühlrippen aufweisen, um die Wärmeabführung zu unterstützen.

**[0043]** Das durch die Kombination der Kaltluftsammlkammer **140** und der Heißluftsammlkammer **130** geschaffene Detektorgehäuse **300** ist auch nützlich, um überschüssiges Licht am Erreichen der empfindlichen Fotodioden zu hindern, sowie Schmutz und Staub am Eintritt in die Fotodioden und die empfindliche Elektronik zu hindern. Die Kaltluftsammlkammer **140** ist auch für Wartungszugriff auf die Elektronik **150** und das Detektorfeld **18** entfernbar.

**[0044]** In [Fig. 3](#) zeigt das Detektorfeld **18** eine spezifische Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Detektorfeld **18** ist der gebogene Innenabschnitt und besteht allgemein aus einer Vielzahl von Detektorelementen. Die Detektorelemente werden für einen optimalen Betrieb beheizt.

**[0045]** Speziell ist die Detektorschiene **18** von der Temperatursteuervorrichtung durch eine Luftstrombarriere oder direkte Konvektionsunterbrechung **180** getrennt. Die Luftstrombarriere **180** ist zum Isolieren der Detektorelemente, die innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches gehalten werden müssen, gegenüber der Elektronik **150** konstruiert, die unter die Temperatur der Detektorelemente gekühlt werden muss.

**[0046]** Als nächstes sind im Querschnitt die Elektronik **150**, wie z.B. die Analog-Digital-Wandler **151**, gezeigt. Wie gezeigt, weist jeder A/D-Wandler **151** eine Wärmesenke **152** auf. Die Wärmesenken **152** sind zum Verteilen der von den A/D-Wandlern **151** sowie von der übrigen Elektronik erzeugten Wärme in der durch die Elektronik **150** strömenden Luft konstruiert. Zu Zwecken der Darstellung und wie in [Fig. 3](#) gezeigt, würde die Luft entweder nach oben aus der Seite heraus oder nach unten in die Seite hinein fließen. Die Luft wird anschließend um die Elektronik **150** herum von der Kanalwand **170** mit Leiterplattenanschlüssen umschlossen, die die Elektronik **150** gegen Licht, Staub und andere Verunreinigungen abschirmt, die die Elektronik **150** beschädigen könnten.

**[0047]** [Fig. 4](#) zeigt das bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendete tatsächliche Luftstrommuster. Speziell besteht die Temperatursteuervorrichtung der vorliegenden Erfindung aus einer Kaltluftsammlkammer **140**, einer Heißluftsammlkammer **130**, einem thermoelektrischen Kühler **110**, einer Wärmesenke und einer Vielzahl von Umwälzventilatoren **121**, **122**. In dieser Ausführungsform ist die Detektorschiene in zwei Bereiche unterteilt, die jeweils von einem thermoelektrischen Kühler **110** gekühlt werden. Dies verringert die Möglichkeit eines großen Temperaturgefälles über der Elektronik **150**. Obwohl nur zwei Bereiche gezeigt sind, können auch mehr verwendet werden, um eine bessere Temperaturregelung zu erreichen.

**[0048]** [Fig. 4](#) zeigt ebenfalls die erzwungene Konvektion von der kalten Seite des TEC **110** durch die Kaltluftsammlkammer **140**, wo sie durch die Elektronik **150** hindurch gelenkt wird, Wärme von den an der Elektronik befestigten Wärmesenken aufnimmt und in die Heißluftsammlkammer geleitet oder gezogen wird. Die Heißluftsammlkammer **130** leitet die Luft anschließend zu der kalten Seite des TEC **111**, die die Luft auf der kalten Seite des TEC **111** kühlt. Die heiße Seite des TEC **112** oder die Wärmesenke, die sich außerhalb der CT-Bildgebungsmaschine befin-

det, wird ebenfalls unter Verwendung eines äußeren Kühlungsventilators **122** gekühlt.

**[0049]** Zusammengefasst schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen der Elektronik eines CT-Detektorfelds **18**, wobei das Detektorfeld aus einer Vielzahl von Fotodioden zusammengesetzt ist, wobei die Fotodioden mit der Elektronik **150** einschließlich den Analog-Digital-Wandlern **151** verbunden sind, wobei die Analog-Digital-Wandler **151** während des Betriebs Wärme erzeugen: eine Sammelkammer einer heißen Seite **130** zum Sammeln der durch die Elektronik **150** erhitzten Luft, einen an einem Ende der Sammelkammer der heißen Seite **130** befestigten thermoelektrischen Kühler **110**, eine in thermischer Beziehung mit dem thermoelektrischen Kühler **111** stehende Wärmequelle **113**, eine Sammelkammer der kalten Seite **140** zum Lenken der Luft über die Elektronik **150** hinweg bzw. zwischen dieser hindurch und einen Umwälzventilator **121** zum Ziehen der Luft aus der Sammelkammer der heißen Seite **130** durch den thermoelektrischen Kühler **110** hindurch und in die Sammelkammer der kalten Seite **140** hinein. In speziellen Ausführungsformen weist die Vorrichtung zur Regelung der Elektroniktemperatur weiterhin eine Temperaturmessungsvorrichtung in elektronischer Kommunikation mit der Temperaturmessungsvorrichtung auf, so dass die programmierbare Temperatursteuerung die Temperatur der Elektronik entweder durch Erhöhen der Geschwindigkeit des Umwälzventilators **121** oder durch Erhöhen der dem thermoelektrischen Kühler **110** zugeführten Leistung regelt.

**[0050]** In noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Kühlung der Elektronik durch Verwendung von Wärmerohren **220** erreicht. Die vorliegende Erfindung schafft eine CT-Bildgebungsmaschine, die eine Röntgenröhre **14** und ein Detektorfeld **18** aufweist, wobei das Detektorfeld **18** ein Elektronikpaket **250** aufweist. Eine der Hauptbestandteile des Elektronikpakets und einer der am stärksten zur problematischen Wärmezeugung Beitragenden ist der Analog-Digital-Wandler **251**. Diese zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung schafft eine Vielzahl von Wärmerohren **220** zum Regeln der Temperatur des Elektronikpakets **250**.

**[0051]** Wie es nach dem Stand der Technik wohlbekannt ist, ist ein Wärmerohr **220** eine Art von Wärmeübertragungsvorrichtung, die die Umwandlungswärme eines Phasenübergangs eines in ein geschlossenes Rohr gefüllten Arbeitsfluids transportiert. Das Arbeitsfluid durchläuft den Phasenübergang innerhalb des Wärmerohrs **220** und läuft zwischen der Verdampfungsseite und der Kondensationsseite um. Verdampfter Dampf bewegt sich von der Verdampfungsseite auf die Kondensationsseite durch einen Druckgradienten, während das Kondensat durch die

Kapillarkräfte des Dochtes, die Schwerkraft oder die Zentrifugalkraft innerhalb des Wärmerohrs **220** auf die Verdampfungsseite zurückkehrt.

**[0052]** Wärmerohre **220**, die keinen Docht aufweisen, und allgemein auf Gravitations- und/oder Zentrifugalkräften aufbauen, werden Thermosiphons genannt. Allgemein arbeiten Wärmerohre von Dochttyp ohne Rücksicht auf die Lage der Verdampfungsseite und der Kondensationsseite gut, aber bei einem Thermosiphon sollte die Verdampfungsseite in einer höheren Position als die Kondensationsseite angeordnet sein.

**[0053]** Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, enthält das CT-Bildgebungssystem eine Röntgenröhre **14**, eine Detektoranordnung **18** und ein Elektronikpaket **250**, das allgemein aus einer Vielzahl von Analog-Digital-Wandlern **251** besteht. Die A/D-Wandler **251** erzeugen eine wesentliche Wärmemenge, wenn das Bildgebungssystem in Betrieb ist.

**[0054]** Daher hat die vorliegende Erfindung, wie in **Fig. 6A** gezeigt, eine Abstandhalterplatte **200** geschaffen, die eine Vielzahl von allgemein horizontal durch die Abstandhalterplatte **200** hindurch verlaufenden Wärmerohren **210** aufweist. **Fig. 6A** wird vielleicht am besten im Gegensatz zu **Fig. 6B** betrachtet, die eine Endansicht des CT-Detektorantriebsrahmens **12** zeigt. Die Abstandhalterplatten **200** erlauben einer gleichmäßigeren Wärmeverteilung, die Wärmerohre **220** zu erreichen. Unter rotierenden Bedingungen arbeiten die Wärmerohre **220** vom Dochttyp am effizientesten, wenn sie so horizontal wie möglich oder mit dem Verdampferende weiter von der Zentralachse der Rotation entfernt sind, so dass die Rotationskräfte den Wärmefluss unterstützen.

**[0055]** In noch einer anderen Ausführungsform, die besonders wichtig ist, wenn die Rotationsbelastung für ein Wärmerohr vom Dochttyp zu stark ist, um noch effizient zu funktionieren, ermöglicht die vorliegende Erfindung die Verwendung eines dochtlosen Wärmerohres oder eines axialen Rillenthermosiphons **280** in Kombination mit Wärmerohren **220**. Die Leistung eines Thermosiphons **280** wird unter rotierenden Bedingungen tatsächlich gesteigert. Die Verwendung von Thermosiphons **280** in Kombination mit Wärmerohren vom Dochttyp stellt sicher, dass die Elektronik sowohl unter stationären als auch unter rotierenden Bedingungen kühl bleiben wird, wobei die Thermosiphons unter rotierenden Bedingungen und die Wärmerohre unter stationären Bedingungen optimal funktionieren.

**[0056]** Offensichtlich gibt es viele Wege, die Wärmerohre und Thermosiphons zu befestigen, jedoch sind einige in den **Fig. 6A**, **Fig. 6C**, **Fig. 6D** und **Fig. 6E** dargestellt. Allgemein können beide Typen von Wärmerohren **220**, **280** entweder, wie in **Fig. 6E**

gezeigt, in die Abstandhalterplatte **230** eingebettet sein oder, wie in den [Fig. 6C](#) und [Fig. 6D](#) gezeigt, außerhalb der Abstandhalterplatte angeordnet sein. Jedoch sollten im Hinblick auf die axialen Rillennärmerohre **280** und, wie in [Fig. 8A](#) gezeigt, um effizient zu sein, die axialen Rillenthemosiphons **280** in einem Winkel angeordnet sein, so dass das Verdampferende **281** niedriger als das Kondensatorende **282** liegt. Dies stellt sicher, dass die Flüssigkeit in dem Kondensatorende **282** nicht gegen die Schwerkraft zu fließen braucht.

**[0057]** Wie zuvor, sind das Detektorfeld **18** und das empfindliche Elektronikpaket **250** innerhalb einer abgedichteten Sammelkammer eingeschlossen, obwohl keine erzwungene Konvektion innerhalb der Sammelkammer auftritt. Statt dessen werden die Wärmerohre **220** verwendet, um die Wärme von dem Elektronikpaket **250** in die Außenraumluft zu leiten. Die Wärmerohre **220** setzen sich dann außerhalb des CT fort und enden in einer Wärmesenke **240**. Die Wärmesenke **220** ist innerhalb eines Lüftereinhausung oder einer Sammelkammer **260** eingeschlossen und wird durch einen Umwälzventilator **230** gekühlt.

**[0058]** In noch einer anderen Ausführungsform verwendet die vorliegende Erfindung, wie in [Fig. 6E](#) gezeigt, eine Abstandhalterplatte **230**, die eine Vielzahl von eingebetteten Wärmerohren **220** aufweist. Die Wärmerohre **220** enden in einer Wärmesenke **240**. Die Wärmesenke **240** wird von einem zentrifugalen Lüfter **230** innerhalb einer Sammelkammer **260** gekühlt.

**[0059]** So lange die Wärmesenke **240** nicht sehr groß ist, ist offensichtlich eine erzwungene Konvektion durch die Wärmesenke **240** erforderlich, um die Wärmesenke **240** bei einer annehmbaren Temperatur zu halten. Es ist jedoch irrelevant, ob ein Umwälzventilator **230** oder ein zentrifugales Gebläse verwendet wird.

**[0060]** Häufig ist eine Isolationsschicht **210** zwischen dem Detektorfeld **18** und dem Elektronikpaket **250** angeordnet. Auch ist häufig eine Dichtungsoberfläche **270** um die Wärmerohre **220** herum erforderlich, wo diese aus der Sammelkammer zu der Wärmesenke **240** hin austreten.

**[0061]** Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen der mit einem Computertomographie(CT)-Detektorfeld verbundenen Elektronik. Spezieller offenbart die vorliegende Erfindung die Verwendung von thermoelektrischen Kühlern beim Kühlen der CT-Detektorelektronik. Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch die Verwendung von Gebläsen oder Ventilatoren, um Luft innerhalb einer Sammelkammer zur Kühlung der CT-Detektorelektronik in Umlauf zu versetzen. Die

vorliegende Erfindung offenbart auch die Verwendung von Wärmerohren vom Dochttyp, die entweder horizontal angeordnet sind oder deren Verdampfere radial weiter außen als das Kondensatorende angeordnet ist, so dass die Rotationskräfte den Wärmefluss durch das Wärmerohr zum Kühlen der CT-Detektorelektronik unterstützen. Die vorliegende Erfindung offenbart auch die Verwendung von axialen Rillennärmerohren zum Kühlen der CT-Detektorelektronik, weil sie unter Drehbedingungen eine erhöhte Leistung erbringen. Als Letztes offenbart die vorliegende Erfindung die Verwendung von Wärmesenken und Umwälzventilatoren in Verbindung mit irgendeinem Typ von Wärmerohren.

**[0062]** Die vorangegangene Beschreibung ist zu Zwecken der Veranschaulichung dargestellt worden. Es sollte verstanden werden, dass weit abweichende Ausführungsformen der Erfindung konstruiert werden können, ohne den Geist und den Bereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Es sollte auch verstanden werden, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die speziellen, in der Beschreibung beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist, außer wenn dies in den beigefügten Ansprüchen bestimmt ist.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Regeln der Temperatur der Elektronik eines Computertomographie(CT)-Detektorfelds (**18**) für Computertomographie-Bildgebungsmaschinen (**10**), die aufweist:  
eine Heißluftsammelkammer (**130**) zum Sammeln der Luft von der Elektronik,  
einen thermoelektrischen Kühler (**111**), der an einem Ende mit der Heißluftsammelkammer (**130**) verbunden ist,  
einen Wärmesenke (**114**), die mit dem thermoelektrischen Kühler (**111**) verbunden ist,  
eine Kaltluftsammelkammer (**140**) zum Leiten von kühler Luft zu der Elektronik (**150**) und  
einen Umwälzventilator (**121**) zum Ziehen der Luft aus der Heißluftsammelkammer (**130**) durch den thermoelektrischen Kühler (**111**) hindurch und in die Kaltluftsammelkammer (**140**) hinein.

2. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin eine Temperaturmessungseinrichtung aufweist.

3. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 2, die weiterhin eine programmierbare Temperatursteuerung aufweist, wobei die Temperatursteuerung in elektronischer Kommunikation mit der Temperaturmessungseinrichtung steht.

4. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die programmierbare Temperatursteuerung die Temperatur der Elektronik ent-

weder durch Erhöhen der Geschwindigkeit des Umwälzventilators oder durch Erhöhen der dem thermoelektrischen Kühler (111) zugeführten Leistung regelt.

5. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der Wärmesenken (114) an einigen oder allen der Wärme erzeugenden elektronischen Komponenten (150) befestigt sind.

6. Vorrichtung zum Regeln der Temperatur der Elektronik eines CT-Detektorfelds (18) für Computertomographie-Bildgebungsmaschinen (10), die aufweist:

eine Vielzahl von Wärmerohren (220) in thermischem Kontakt mit der Elektronik (250), wobei sich die Wärmerohre (220) von einer Abstandhalterplatte (200) auswärts erstrecken,  
eine Wärmesenke (240), die an den Wärmerohren (220) befestigt ist,  
eine Einhausung (260), der die Abstandhalterplatte (230) enthält, und  
einen Umwälzventilator (230) zum Blasen von Luft durch die Wärmesenke (240) hindurch.

7. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 6, die weiter eine zwischen der Elektronik (150) und den Wärmerohren (220) angeordnete Abstandhalterplatte (200) aufweist, wobei die Abstandhalterplatte (200) eine effiziente thermische Kontaktfläche zwischen der Elektronik (150) und dem Wärmerohr (220) aufweist.

8. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 7, die weiterhin ein axiales Rillensiphon (280) aufweist, wobei das axiale Rillensiphon (280) in thermischem Kontakt mit der Elektronik (250) steht.

9. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der das axiale Rillensiphon (280) in einem Winkel angeordnet ist, so dass das Verdampfende (281) niedriger als das Kondensierende (282) liegt.

10. Die Elektroniktemperatur regelnde Vorrichtung nach Anspruch 9, die weiterhin eine Temperaturmessungseinrichtung innerhalb einer Einhausung (260) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

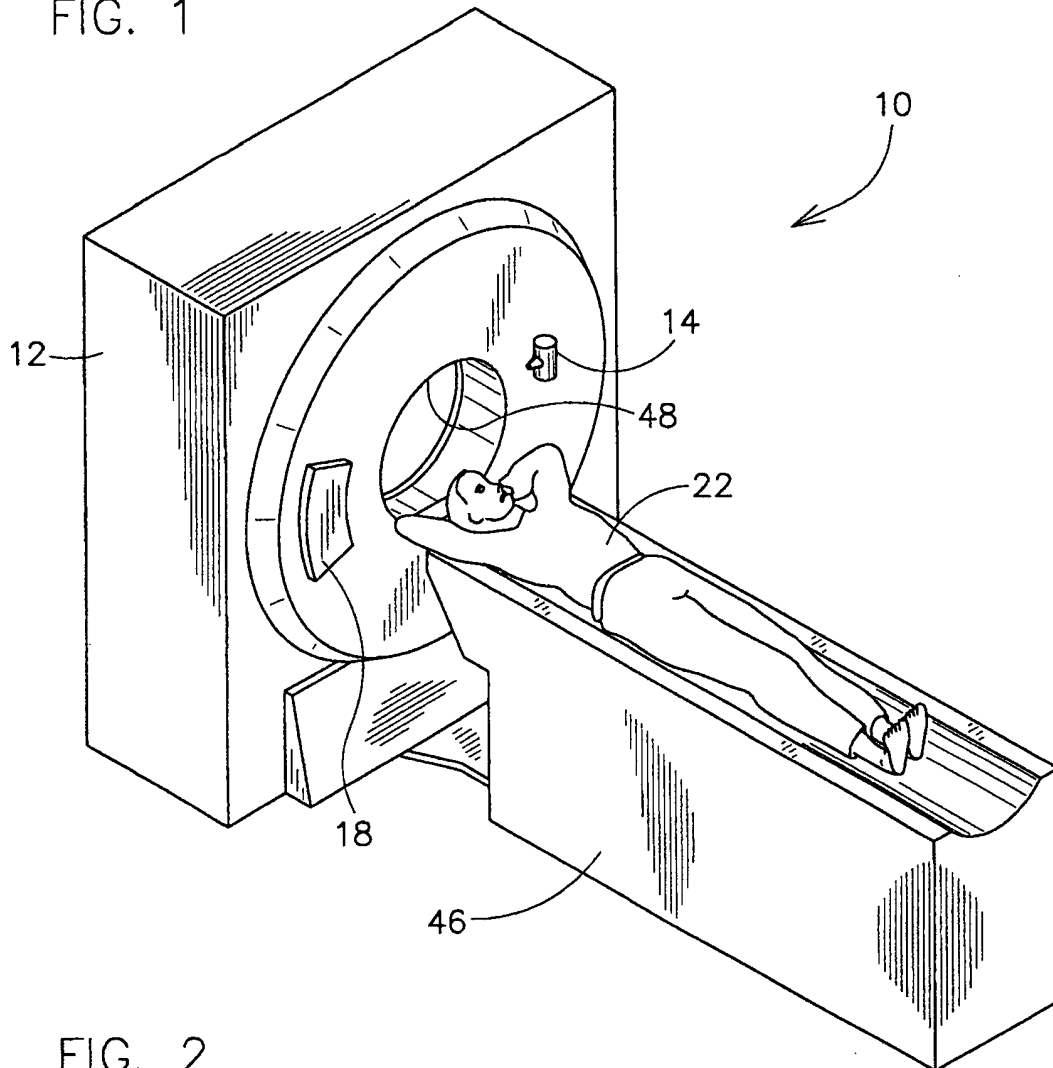
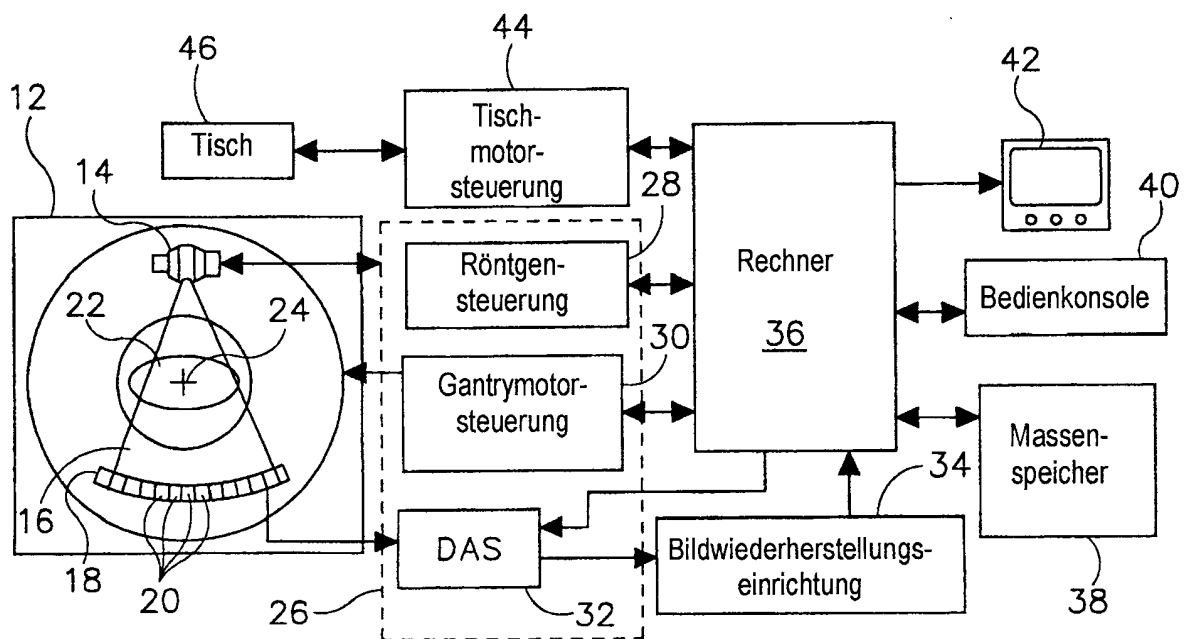


FIG. 2



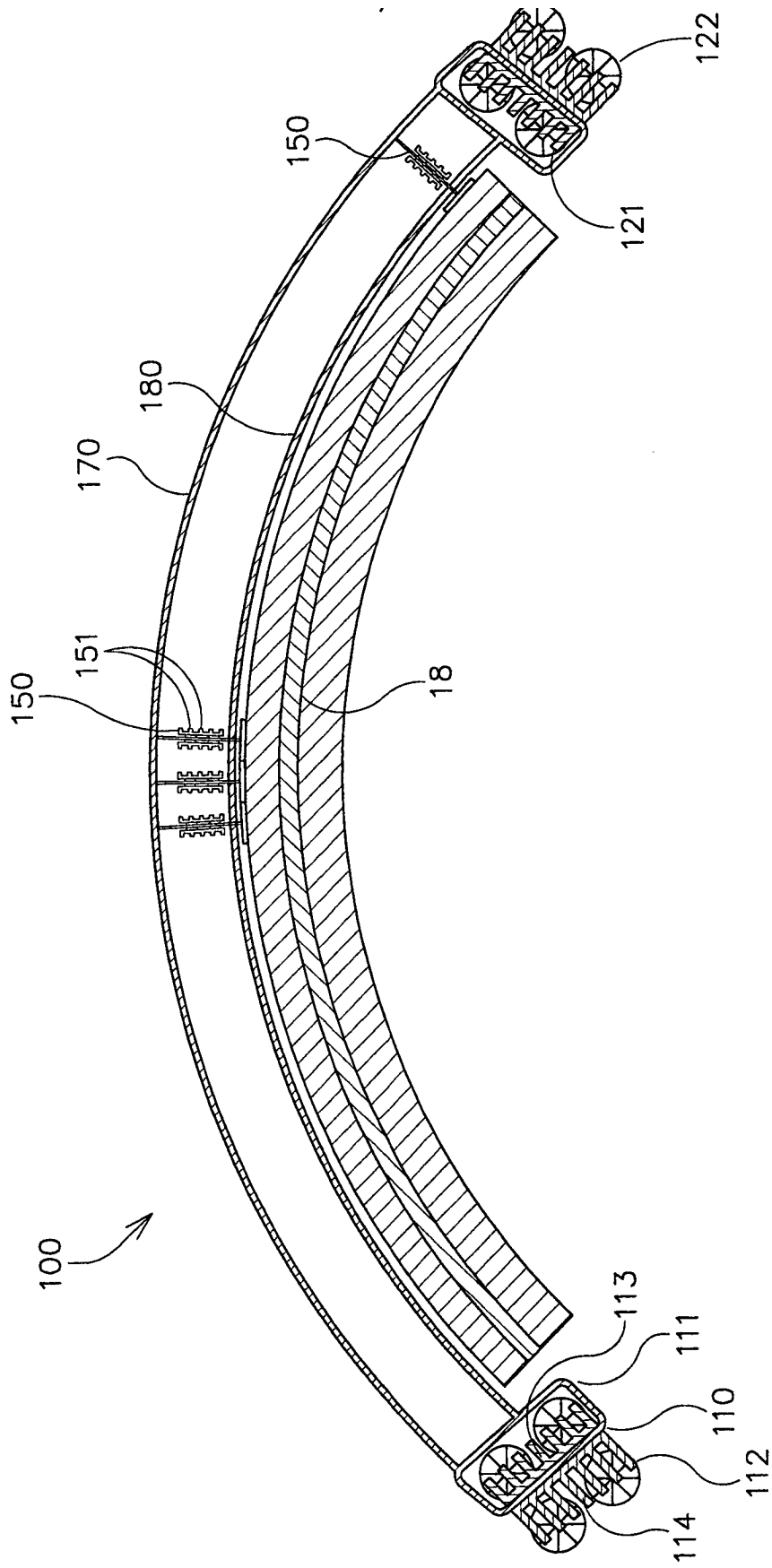


FIG. 3

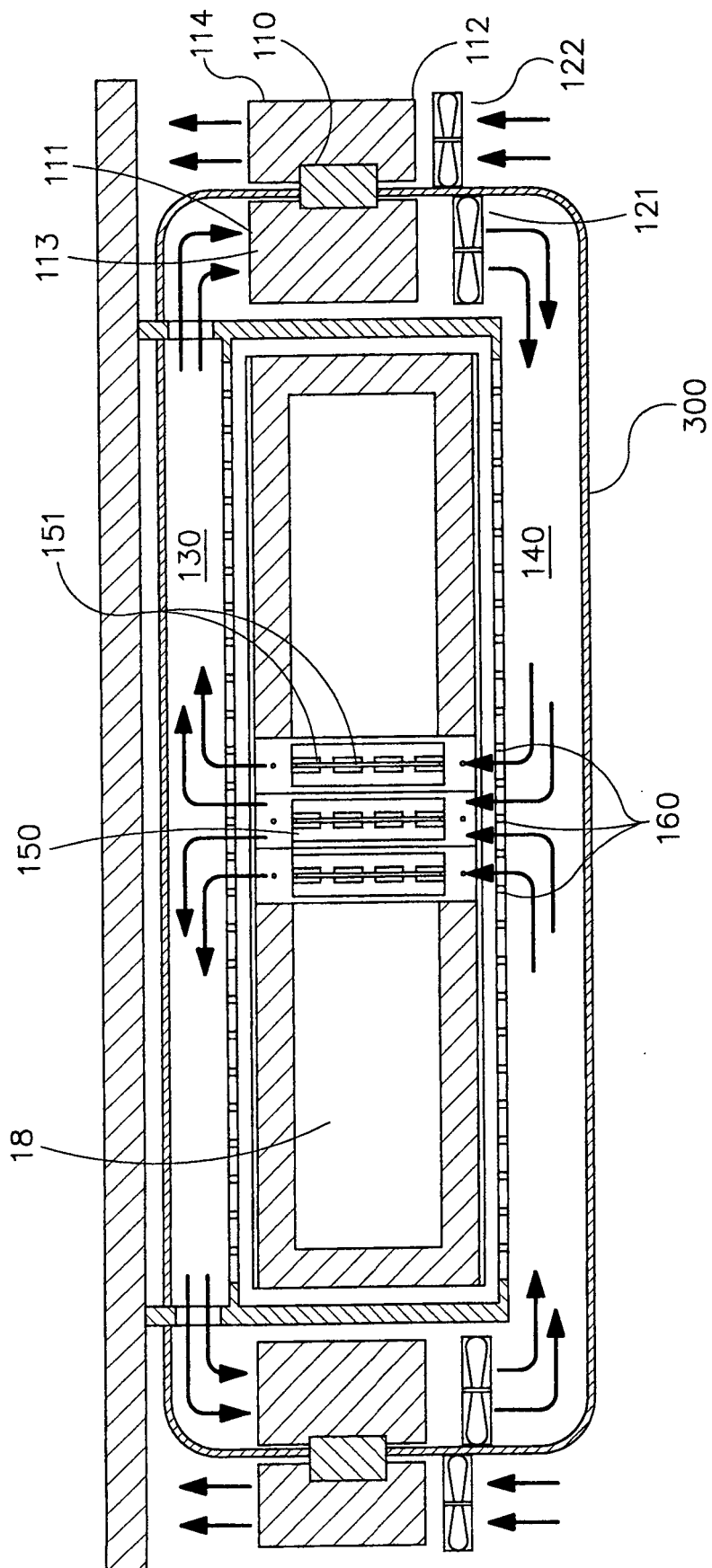


FIG. 4

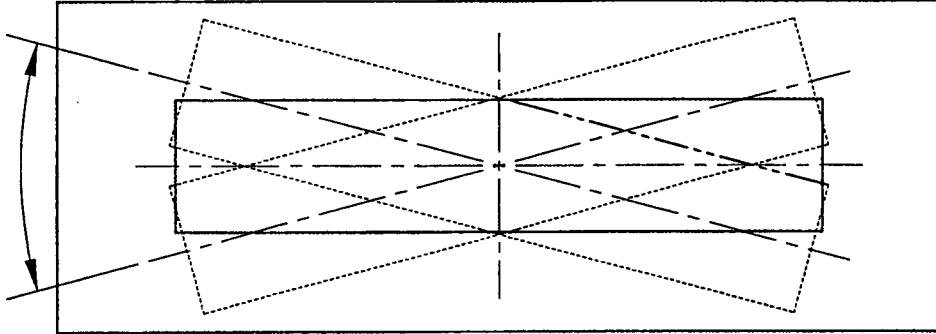


FIG. 5B

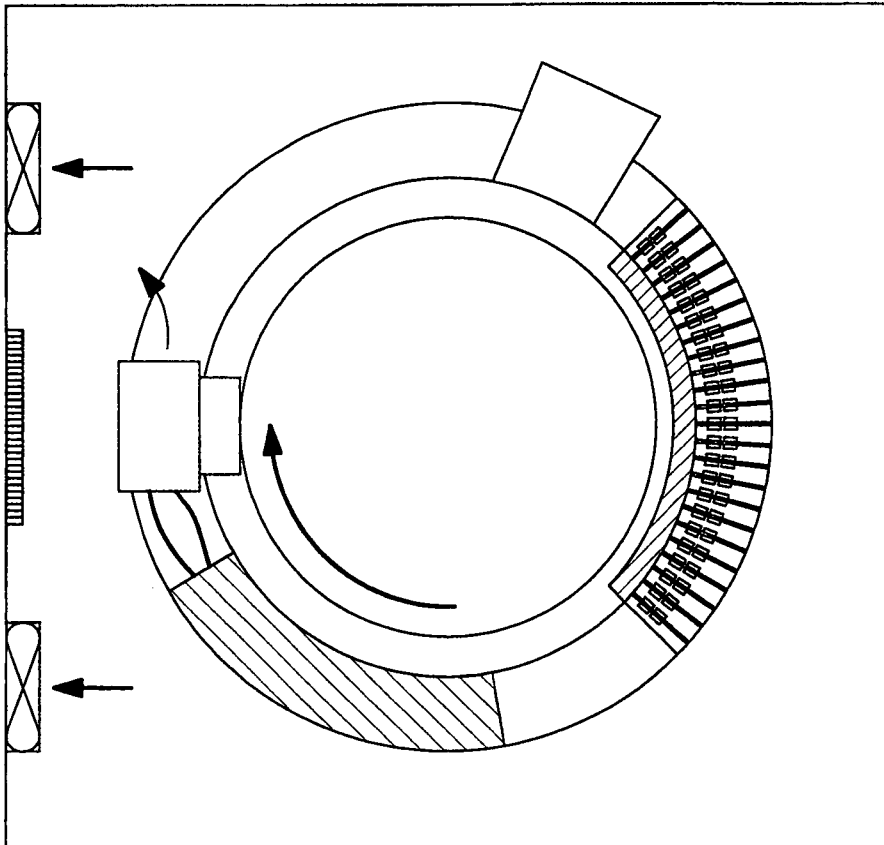


FIG. 5A

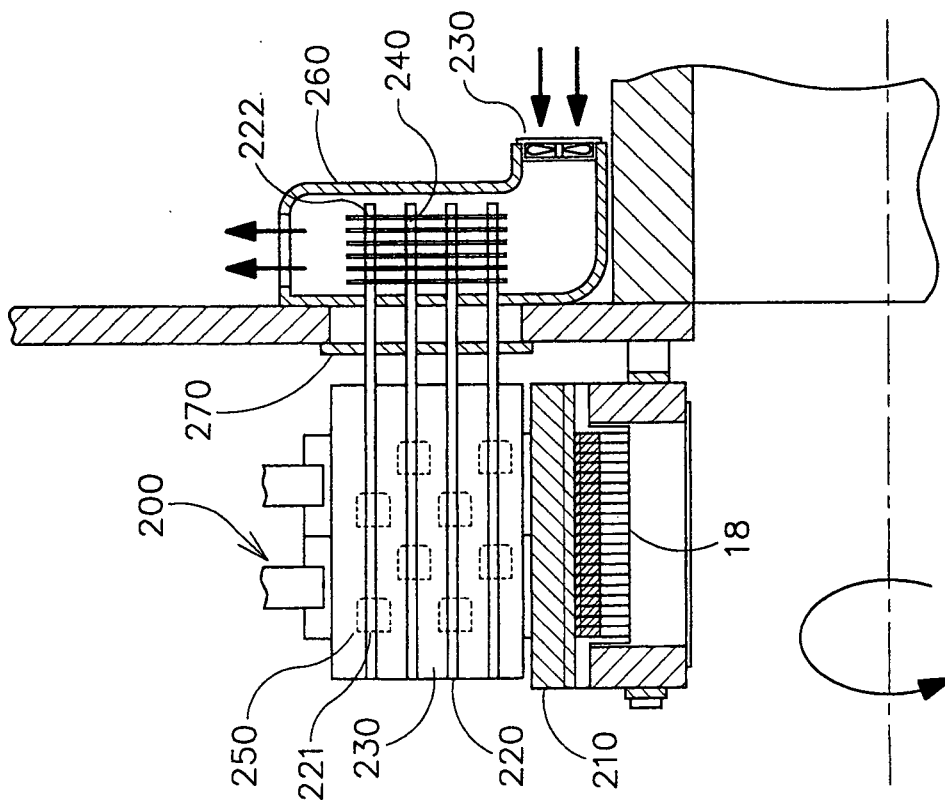
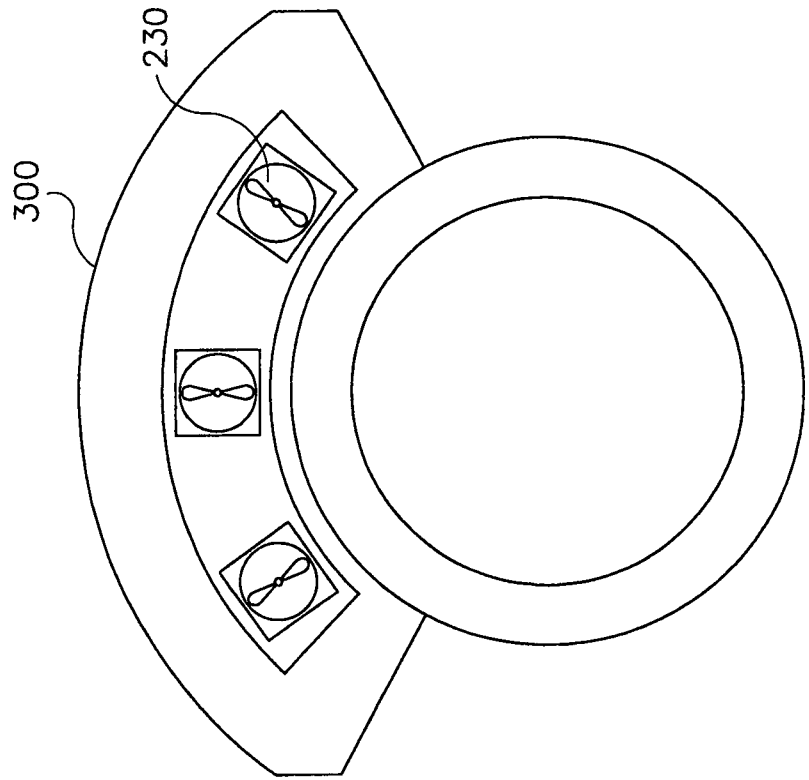


FIG. 6A

FIG. 6B



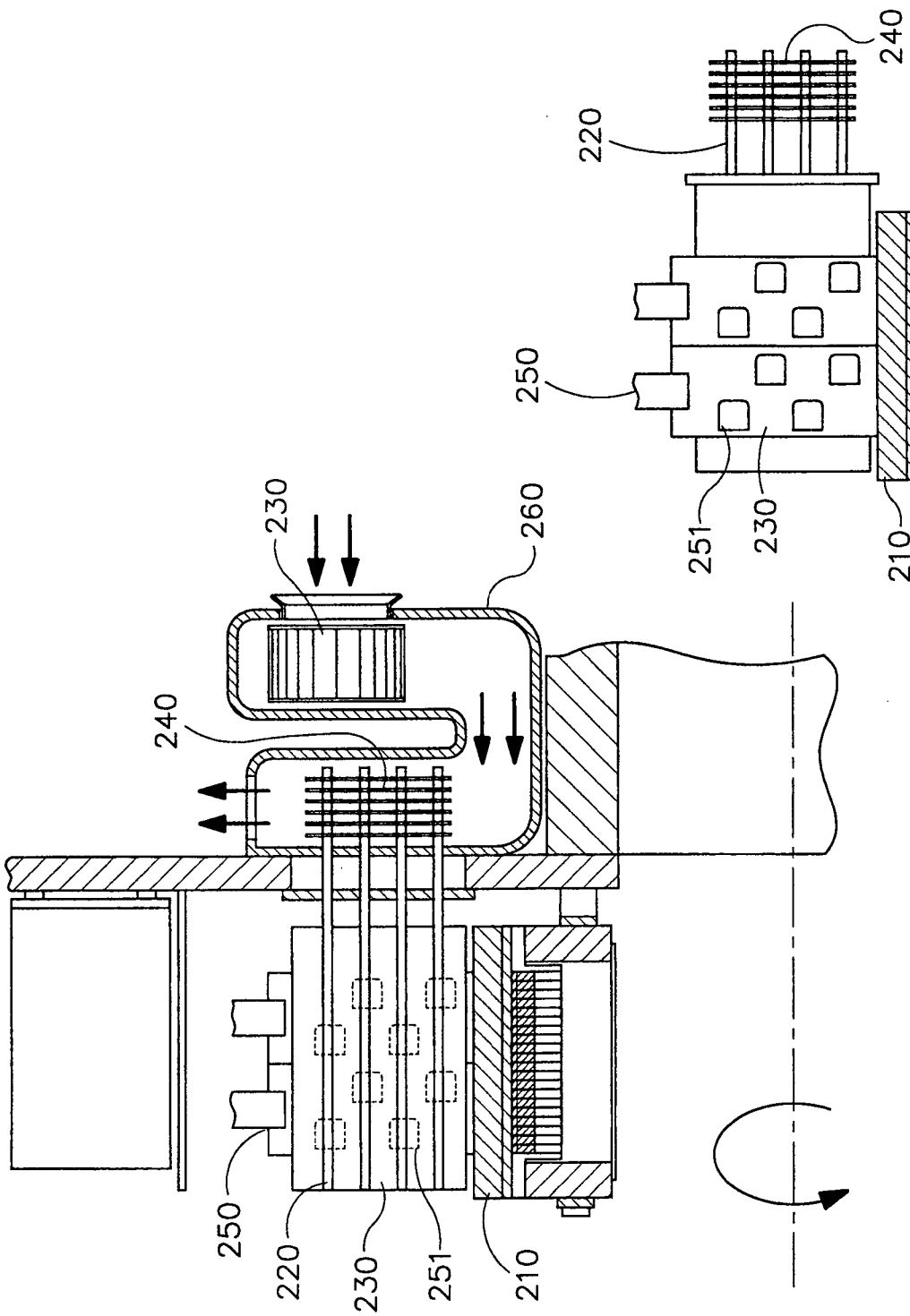


FIG. 6D

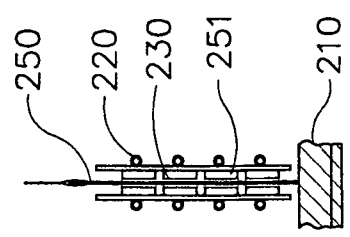
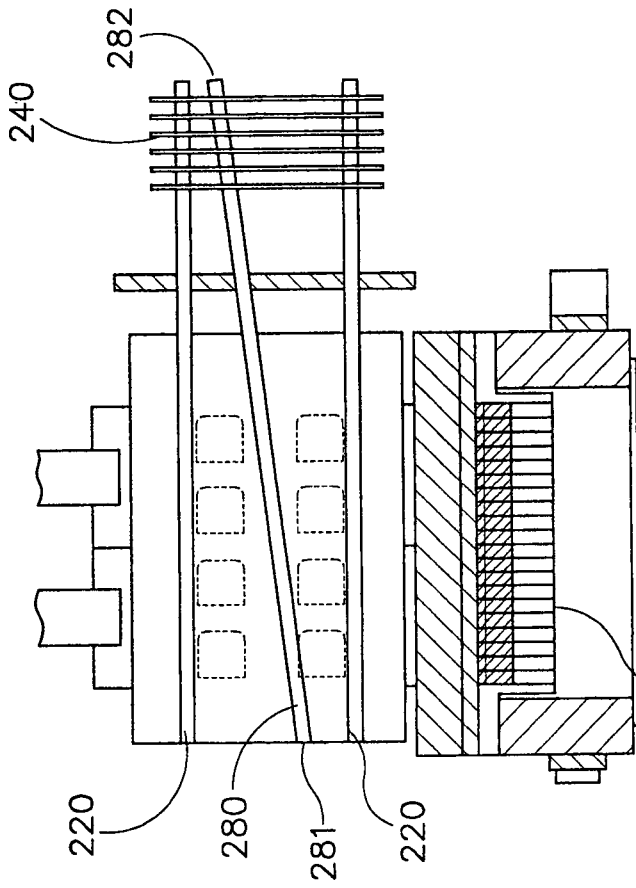
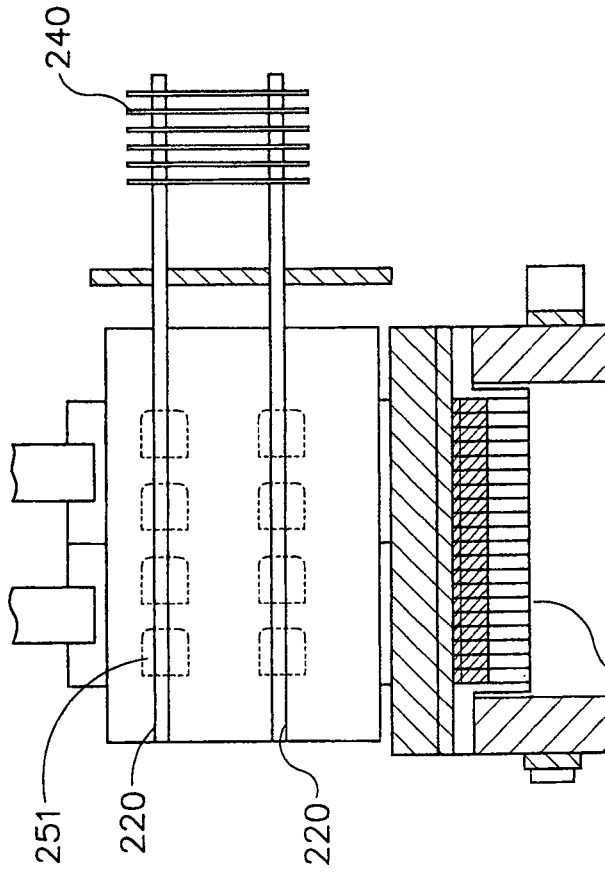


FIG. 6C

FIG. 6E



18 FIG. 8A



18 FIG. 7A

280

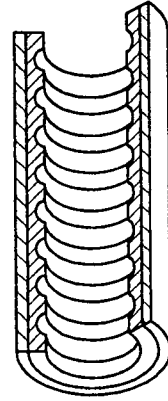


FIG. 8B

220

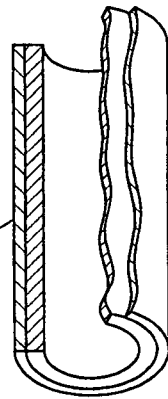


FIG. 7B